پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۱۰ شمارۀ۱، نیمۀ اوّل ۱۳۹۸، صفحۀ ۱۷۰-۱۵۵
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 1, 2019, p. 155-170 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.59699

اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر اجزای عملکرد، عملکرد و بهره‌وری نیتروژن دو رقم عدس دیم

محمد بنایان[1]* ، فاطمه یعقوبی[2]، زهرا رشیدی[3] و سیاوش برده‌جی[4]
۱- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، fa.yaghoubi@stu.um.ac.ir
۳- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، rashidi_z@ymail.com
۴- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده مهندسی کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، siavash.bardehji@stu.um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۶/۱۹

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای آن و همچنین مطالعه کارآیی جذب، مصرف و بهره‌وری نیتروژن دو رقم عدس دیم، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا گردید. فاکتور اصلی این آزمایش سطوح مختلف کود نیتروژن از منبع اوره (۰، ۴۰ و ۸۰کیلوگرم در هکتار) و فاکتور فرعی شامل دو رقم عدس دیم (بیرجند و رباط) بود. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه به‌ترتیب در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن و رقم بیرجند و تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم رباط حاصل شد. تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند حداکثر تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه (۳۳۸/۲۳کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۳۲۹۱/۶۸کیلوگرم در هکتار)، میزان نیتروژن زیست‌توده و کارآیی جذب نیتروژن را به خود اختصاص داد. بالاترین بهره وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه (۳/۳۹کیلوگرم دانه برکیلوگرم نیتروژن خاک) و زیست‌توده (۳۳/۴۸کیلوگرم ماده خشک برکیلوگرم خاک) در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن و رقم بیرجند به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند نداشت. با توجه به نتایج حاصله به‌منظور صرفه‌جویی در میزان مصرف کود و جلوگیری از تبعات منفی ناشی از زیادی مصرف آن، مصرف ۴۰کیلوگرم کود اوره در هکتار و استفاده از رقم بیرجند با رعایت تاریخ کاشت بهینه (با توجه به دیررس‌بودن آن) برای کشت عدس به‌صورت دیم در منطقه مورد مطالعه، مطلوب به‌نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: رقم بیرجند، رقم رباط، کارآیی جذب نیتروژن، کارآیی مصرف نیتروژن

مقدمه

گیاه عدس (*Lens culinaris* Medic.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین حبوبات سرمادوست، منبع عمده پروتئین در تغذیه انسان و دام بوده (Miguele *et al*., 2005) که در ایران اغلب به‌صورت دیم کشت می‌گردد. این گیاه به علت توانایی تثبیت نیتروژن، موجب افزایش حاصلخیزی خاک شده و در تناوب با برخی از گیاهان زراعی خصوصا غلاتی مانند گندم و جو، بهبود و پایداری عملکرد را به‌دنبال خواهد داشت (Bagheri & Parsa, 2009). سطح زیر کشت عدس در ایران ۱۵۵۷۰۰هکتار برآورد شده که سهم اراضی دیم ۹۴/۷درصد و بقیه به‌صورت کشت آبی می‌باشد. میزان تولید عدس در کشور حدود ۸۰هزارتُن برآورد شده که معادل ۰/۱درصد از کل میزان تولید محصولات زراعی و ۱۵/۸درصد از کل میزان تولید حبوبات است. عملکرد عدس کشور در اراضی آبی ۱۱۹۵کیلوگرم در هکتار و در اراضی دیم ۴۷۶کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (MAJ, 2015).

عوامل مختلفی در پایین‌بودن عملکرد عدس مؤثر هستند که مهم‌ترین آن‌ها پتانسیل پایین عملکرد ارقام بومی و عدم رعایت نکات به‌زراعی از جمله محدودیت یا توزیع نامناسب مصرف کود در مورد آن است (Sabaghpour *et al*., 2013). عدس با دارا بودن حدود ۲۵درصد پروتئین و عملکرد متوسط ۷۵۰کیلوگرم دانه در هکتار تقریبا ۳۷/۵کیلوگرم نیتروژن خالص (N)، ۱۰/۵کیلوگرم فسفرخالص (P_2O_5) و ۲۸/۲کیلوگرم پتاس (K_2O) از یک هکتار زمین برداشت می‌کند (Azad & Gill, 1989).

---
*نویسنده مسئول: banayan@um.ac.ir

نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی در تولید گیاهان زراعی به شمار می‌آید که کمبود آن تقریباً در همه جا وجود دارد و بیش از هر عنصر دیگری عامل محدودکننده رشد است (Feiziasl *et al*., 2014). جذب و شرکت نیتروژن در متابولیسم گیاهی بیشتر به عوامل محیطی مانند دما، رطوبت و خصوصیات ژنتیکی گیاه از جمله خصوصیات ریشه و قدرت انتقال مجدد نیتروژن بستگی دارد که این موضوع مشکلات مدیریت مصرف نیتروژن را در شرایط دیم دوچندان می‌کند (Feiziasl *et al*., 2014). در مناطق‌گرم و خشک به دلیل کمبود مواد آلی ناشی از تجزیه سریع و فقدان باقیمانده گیاهی، کمبود نیتروژن احساس می‌شود و در این مورد نیتروژن اولیه خاک، کمتر می‌تواند نیاز نیتروژن گیاه را تأمین نماید؛ درنتیجه عدم تعادل مواد غذایی در خاک می‌تواند اختلالاتی را در جذب مواد غذایی به‌وجود آورد (Bagheri *et al*., 1997).

مصرف کود نیتروژن در حبوبات به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) شده است (Mohammadzadeh *et al*., 2012). Kumar *et al*, (1993) گزارش کردند که با کاربرد ۲۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار تعداد غلاف و عملکرد دانه عدس به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. Togay *et al*, (2005) با بررسی تأثیر سطوح نیتروژن (صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰کیلوگرم در هکتار) و چهار ترکیب نیتروژن (نیترات آمونیوم، سولفات آمونیوم، اوره و نیتروژن آلی) در دو سال بر روی عدس دریافتند که با مصرف ۴۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع سولفات آمونیوم، عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. Nakhzari Moghadam & Ramroudi (2003) در بررسی میزان نیتروژن سرک بر عملکرد و اجزای عملکرد عدس نشان دادند که نیتروژن بر هیچ یک از اجزای عملکرد و عملکرد تأثیر معنی‌داری نداشت. Mohseni Mohammadjanloo *et al*, (2012) نشان دادند که مصرف ۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار تعداد کل غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه عدس را به‌طور معنی‌داری افزایش داد.

با وجود مزایای بی‌شمار کودهای نیتروژن‌دار در افزایش رشد، تولید و عملکرد گیاهان زراعی، مصرف بیش از حد آن‌ها می‌تواند از طریق آبشویی و فرسایش موجب افزایش آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی و افزایش هزینه‌ها گردد. بر طبق برآوردهای انجام‌شده تنها حدود ۴۰ تا ۶۰درصد کود نیتروژنه اضافه‌شده به خاک از طریق محصول کشاورزی از خاک خارج می‌شود (Koocheki *et al*., 2015). البته این مقدار نیز با افزایش کاربرد کود کاهش می‌یابد. در نتیجه، میزان باقیمانده کود در خاک افزایش می‌یابد و علاوه بر کاهش کارآیی مصرف نیتروژن، می‌تواند به راحتی شسته شود و موجب آلودگی بیشتر منابع آبی گردد (Coque & Gallais, 2007). به‌طور کلی، کارآیی به مقدار محصول تولیدشده به ازای هر واحد نهاده مصرف‌شده گفته می‌شود. کارآیی زراعی یا بهره‌وری نیتروژن نیز به‌عنوان عملکرد دانه تولیدشده به ازای واحد نیتروژن در دسترس تعریف می‌گردد که حاصلضرب دو فاکتور فیزیولوژیک شامل کارآیی جذب یا بازیافت نیتروژن و کارآیی مصرف یا کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن می‌باشد. کارآیی جذب، میزان نیتروژن جذب‌شده توسط گیاه به ازای واحد نیتروژن قابل‌دسترس و کارآیی مصرف میزان عملکرد دانه تولیدشده به ازای واحد نیتروژن جذب‌شده توسط گیاه می‌باشد (Moll *et al*., 1982).

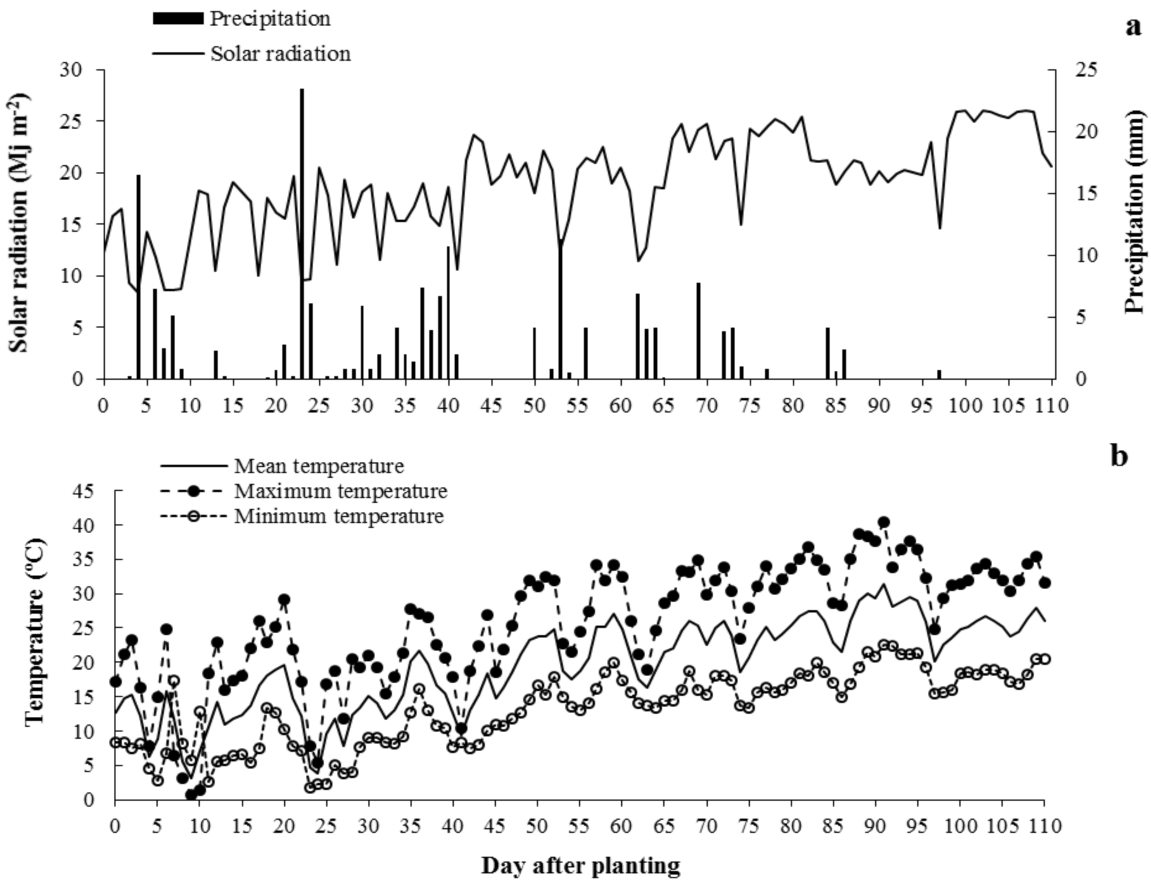
Joudi *et al*, (2011) در مطالعه‌ای بر روی چهار ژنوتیپ عدس نشان دادند تأثیر سطوح کود نیتروژن بر کارآیی زراعی و بازیافت نیتروژن معنی‌دار نبود. Mohseni Mohammadjanloo *et al*, (2012) نشان دادند که مصرف ۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتاردرصد نیتروژن دانه، جذب نیتروژن در دانه، درصد پروتئین در دانه و درصد نیتروژن اندام هوایی عدس را به‌طور معنی‌داری نسبت به عدم مصرف کود نیتروژن افزایش داد.

با توجه به این‌که بهبود کارآیی جذب و مصرف عناصر غذایی در کشت‌بوم‌های زراعی به علت آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از ورود نیتروژن اضافی به منابع طبیعی و در نتیجه برهم‌خوردن تعادل آن‌ها، امری ضروری بوده و همچنین با درنظرگرفتن این مسئله که تأمین کافی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه عدس به کمک مصرف دقیق کودها به ویژه در خاک‌های فقیر باعث افزایش میزان محصول و بهبود کارآیی مصرف نیتروژن خواهد گردید، هدف از تحقیق حاضر ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم عدس دیم تحت تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن و همچنین بررسی کارآیی جذب، مصرف و در نهایت بهره‌وری نیتروژن برای تعیین بهترین سطح کودی و رقم برای منطقه مورد مطالعه بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در۱۰کیلومتری جنوب‌شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶درجه و ۱۶دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹درجه و ۳۶درجه شرقی و ارتفاع ۹۸۵متر از سطح دریا در سال زراعی۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. متوسط بارندگی سالانه ۲۸۶میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه در این منطقه به‌ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸-درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آب

و هوای منطقه براساس روش آمبرژه سرد و خشک می‌باشد. شکل ۱ مشخصات هواشناسی محل آزمایش را در طول فصل رشد عدس (اسفند تا تیرماه) و در سال زراعی مورد مطالعه برای ایستگاه هواشناسی مشهد نشان می‌دهد.



شکل ۱- الف: بارندگی و تشعشع روزانه، ب: میانگین دما، دمای حداکثر و حداقل روزانه ایستگاه هواشناسی مشهد در طول فصل رشد عدس طی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴

Fig. 1. a: Daily precipitation and solar radiation; b: daily mean, maximum and minimum temperature of Mashhad meteorological station during the lentil growing season in 2015-2016

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد که در آن کود نیتروژن به‌عنوان عامل اصلی در سه سطح (صفر، ۴۰ و ۸۰کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره و ارقام عدس دیم به‌عنوان عامل فرعی در دو سطح (رباط و بیرجند) درنظرگرفته شد.

عملیات آماده‌سازی زمین در اوایل اسفند ماه۱۳۹۴ انجام شد؛ بدین‌صورت که ابتدا شخم و سپس دوبار دیسک عمودبرهم زده شد و با لولر تسطیح صورت گرفت. قبل از اجرای آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰سانتی‌متری خاک مزرعه جهت انجام تجزیه های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌برداری شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است. پس از آماده‌سازی زمین تیمار کودی در نسبت‌های ذکرشده اعمال گردید. جهت پیشگیری از بروز بیماری‌های خاکزی، ضدعفونی بذور قبل از کاشت توسط قارچ کش بنومیل به نسبت دو در هزار انجام شد. کشت عدس در ۱۹اسفندماه۱۳۹۴ در عمق سه سانتی‌متری خاک و در کرت‌هایی با ابعاد ۱/۵ در ۴متر صورت گرفت. فاصله خطوط کاشت ۲۵سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت ۲/۵سانتی‌متر بود. وجین علف‌های‌هرز به‌صورت دستی در طی فصل رشد صورت گرفت و همچنین در طول فصل رشد از هیچ‌گونه علف‌کش و آفت‌کشی استفاده نشد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

Table 1- Physical and chemical particular of research station soil

کلاس بافت خاک Soil texture class	درصد ذرات Particle percent			نیتروژن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Nitrogen ($mg\ kg^{-1}$)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته pH
	شن Sand	رس Clay	سیلت Silt				
لومی Loamy	39.84	12.74	47.42	15.52	0.96	0.58	7.45

زمان مراحل فنولوژیک بر اساس زمان وقوع ۵۰درصد هر یک از مراحل سبزشدن، سبزشدن تا گلدهی (رشد رویشی)، گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک (رشد زایشی) برای هر کرت مشخص و ثبت گردید. به‌منظور تعیین اجزای عملکرد، در پایان فصل رشد تعداد پنج بوته به‌طور تصادفی از هر کرت برداشت و تعداد غلاف بارور، تعداد دانه در هر غلاف و وزن۱۰۰دانه اندازه‌گیری و ثبت شد. عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت نیز پس از حذف اثرات حاشیه‌ای (یک ردیف کناری از هر طرف و نیم متر از بالا و پایین هر کرت) با برداشت سطحی معادل سه متر مربع از وسط هر کرت تعیین گردید. به‌منظور تعیین‌درصد نیتروژن اندام‌های هوایی، ابتدا نمونه‌های گیاهی آسیاب و پس از هضم با اسید سولفوریک و کاتالیزور، درصد نیتروژن موجود در عصاره حاصل توسط روش کجلدال اندازه‌گیری شد. محاسبه شاخص‌های مختلف کارآیی نیتروژن بر اساس مطالعه Bingham *et al*, (2012) طبق معادلات یک تا پنج به‌صورت زیر انجام شد.

$$NupE= N_{off}/ N_s \quad (۱)$$

$$NutE_b= B/ N_{off} \quad (۲)$$

$$NutE_s= S_w/ N_{off} \quad (۳)$$

$$NUE_b= B/ N_s \quad (۴)$$

$$NUE_s= S_w/ N_s \quad (۵)$$

در این معادلات، NupE کارآیی جذب (بازیافت) نیتروژن، N_{off} میزان نیتروژن موجود در زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)، N_s میزان نیتروژن موجود در خاک (کیلوگرم در هکتار) که شامل نیتروژن اولیه خاک و نیتروژن مصرفی (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد؛ $NutE_b$ کارآیی مصرف (فیزیولوژیک) نیتروژن بر حسب عملکرد زیست‌توده؛ B عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)؛ $NutE_s$ کارآیی مصرف (فیزیولوژیک) نیتروژن بر حسب عملکرد دانه؛ S_w عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)؛ NUE_b بهره‌وری یا کارآیی استفاده نیتروژن بر حسب عملکرد زیست‌توده و NUE_s بهره‌وری یا کارآیی استفاده نیتروژن برحسب عملکرد دانه می‌باشد.

میزان نیتروژن زیست‌توده از حاصلضرب درصد نیتروژن در وزن‌خشک زیست‌توده تعیین شد. محاسبه میزان نیتروژن موجود در خاک بر اساس عمق ۳۰سانتی‌متری و وزن مخصوص ظاهری خاک (۱/۵۵گرم در سانتی متر مکعب) صورت گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارSAS و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

اجزای عملکرد و عملکرد

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۵) بر تعداد دانه در غلاف، وزن۱۰۰دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک داشت. بین دو رقم مورد مطالعه از نظر تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج‌درصد ($p\leq$ ۰/۰۵) و از نظر تعداد دانه در غلاف، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سطح احتمال یک‌درصد ($p \leq$ ۰/۰۱) وجود داشت. اثر متقابل کود نیتروژن و رقم نیز بر تعداد دانه در غلاف و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک‌درصد ($p\leq$ ۰/۰۱) و بر تعداد غلاف در بوته، وزن۱۰۰دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در سطح احتمال پنج‌درصد ($p\leq$ ۰/۰۵) معنی‌دار بود (جدول ۲).

بیشترین تعداد غلاف در بوته با میانگین ۳۳/۴۷ در تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند و کمترین میزان آن با میانگین ۱۷/۶۰ در تیمار ۸۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم رباط حاصل شد (شکل ۲-a). اختلاف بین تیمارها با توجه به معنی‌دارنبودن اثر کود نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته (جدول ۲) ناشی از اختلاف بین دو رقم بوده است، به‌طوری‌که در تمامی سطوح کود نیتروژن رقم بیرجند تعداد غلاف در بوته بالاتری نسبت به رقم رباط داشت (شکل۲-a). در برخی مطالعات همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد غلاف در بوته و طول دوره رشد زایشی عدس گزارش شده است، به‌طوری‌که افزایش طول دوره رشد زایشی سبب افزایش تعداد غلاف در بوته عدس شده است (Manova & Manara, 1988; Hosseini *et al*., 2011)، لذا بالاتربودن این صفت برای رقم بیرجند احتمالا به طول دوره رشد زایشی بالاتر این رقم نسبت به رقم رباط مربوط می‌گردد (جدول ۳).

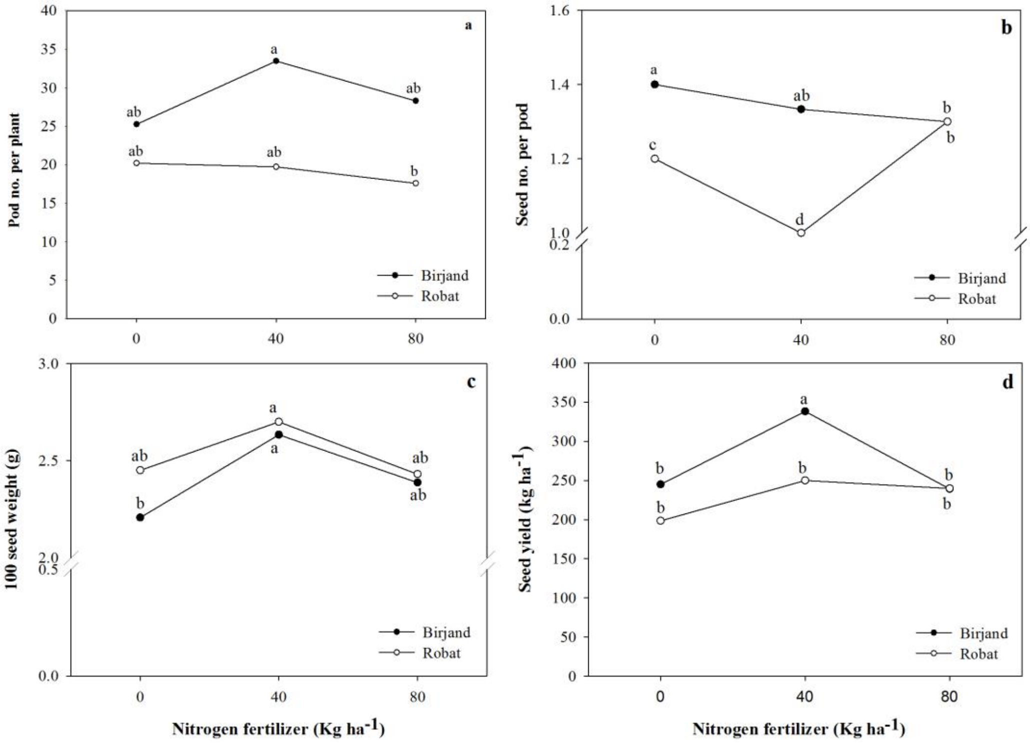
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر کود نیتروژن و رقم بر اجزای عملکرد و عملکرد عدس

Table 2. Analysis of variance for effects of nitrogen fertilizer and cultivar on yield components and yield of lentil

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares					
		تعداد غلاف در بوته Pod no. per plant	تعداد دانه در غلاف Seed no. per pod	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	36.42 ns	0.002 ns	0.105 ns	454.30 ns	24578.87 ns	0.76 ns
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	2	28.32 ns	0.035 *	0.188 *	8530.45 *	692404.28*	1.28 ns
خطای a Error a	4	63.77	0.002	0.079	1166.26	44619.51	2.11
رقم Cultivar	1	435.13 *	0.142**	0.062 ns	8986.94 *	8417619.07**	317.46**
کود نیتروژن × رقم Nitrogen fertilizer × cultivar	2	29.01 *	0.042**	0.018 *	2962.68 *	719876.49**	9.80*
خطای b Error b	6	54.1	0.002	0.023	1388.68	64708.12	1.46
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)	-	29.52	3.75	6.13	14.79	13.42	8.05

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک‌درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار

*,**: Significant at 5 and 1% probability levels, ns: Non-significant



شکل ۲- اثر متقابل کود نیتروژن و رقم بر: a) تعداد غلاف در بوته، b) تعداد دانه در غلاف، c) وزن۱۰۰دانه و d) عملکرد دانه

Fig. 2. Interaction effect between nitrogen fertilizer and cultivar on: a) pod no. per plant, b) seed no. per pod, c) 100 seed weight and d) and seed yield

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD test.

جدول ۳- میانگین فواصل زمانی مراحل فنولوژیکی دو رقم بیرجند و رباط

Table 3. The duration of the phenological stages of Birjand and Robat cultivars

مرحله رشدی **Growth stage**	رقم بیرجند **Birjand cultivar**		رقم رباط **Robat cultivar**	
	درجه روز رشد **GDD**	تعداد روز **Days**	درجه روز رشد **GDD**	تعداد روز **Days**
کاشت تا سبز شدن Planting to emergence	88.43	14	74.79	12
سبز شدن تا گلدهی Emergence to flowering	669.98	54.22	583.86	50.33
گلدهی تا رسیدگی Flowering to maturity	679.35	33.22	538.27	28
کاشت تا برداشت Planting to harvesting	1437.77	101.44	1196.91	90.33

بیشترین تعداد دانه در غلاف (۱/۴۰) در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی و رقم بیرجند حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند (۱/۳۳) نداشت. کمترین مقدار این صفت (۱) نیز در تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم رباط به‌دست آمد (شکل b-۲). برخی محققان معتقدند که با افزایش طول دوره زایشی، تعداد دانه در غلاف نیز افزایش می‌یابد (Monteith, 1977)، در این بین طول دوره از زمان طویل شدن غلاف تا پُرشدن دانه دارای بیشترین تأثیر بر تعداد بذر در هر غلاف است (Bagheri *et al*., 1997)، لذا شاید اختلاف طول دوره زایشی بین تیمارها به علت مصرف کود نیتروژن و تفاوت ژنتیکی دو رقم سبب بروز این نتایج شده است.

بیشترین وزن۱۰۰دانه (۲/۷۰گرم) در تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم رباط به‌دست آمد که با تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند در یک سطح قرار گرفت (شکل c-۲). با توجه به همبستگی منفی و معنی‌دار (r= -۰/۴۶) تعداد دانه در غلاف و وزن۱۰۰دانه (جدول ۴)، می‌توان علت این امر را به تشکیل تعداد دانه کمتر در غلاف و به دنبال آن افزایش سهم مواد فتوسنتزی انتقال یافته به دانه‌های این تیمار نسبت به سایر تیمارها نسبت داد. برخی مطالعات توسعه دوره رشد کند دانه را سبب افزایش وزن۱۰۰دانه دانسته‌اند و بیان کرده‌اند که بیشتر تقسیمات سلول‌های مولد آندوسپرم در این دوره اتفاق می‌افتد.

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین اجزای عملکرد و عملکرد عدس

Table 4- Correlation coefficients between yield components and yield of lentil

متغیر **Variable**	تعداد غلاف در بوته **Pod no. per plant**	تعداد دانه در غلاف **Seed no. per pod**	وزن۱۰۰دانه **100 seed weight**	عملکرد دانه **Seed yield**	عملکرد بیولوژیک **Biological yield**	شاخص برداشت **Harvest index**
تعداد غلاف در بوته Pod no. per plant	1					
تعداد دانه در غلاف Seed no. per pod	0.39^{ns}	1				
وزن۱۰۰دانه 100 seed weight	-0.01^{ns}	-0.46*	1			
عملکرد دانه Seed yield	0.69**	0.20^{ns}	0.23^{ns}	1		
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.67**	0.56*	-0.07^{ns}	0.77**	1	
شاخص برداشت Harvest index	-0.51*	-0.7**	0.34^{ns}	0.45*	-0.89**	1

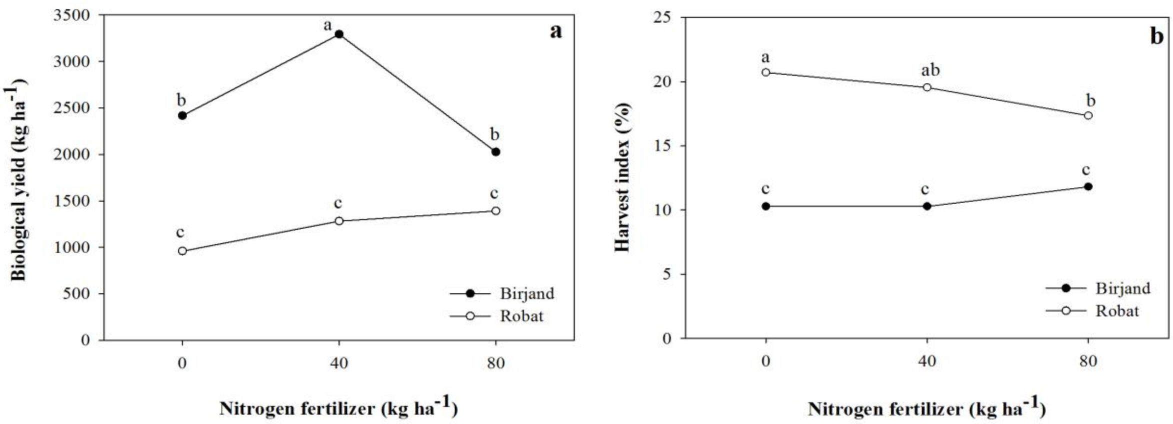
* و **: به‌ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک‌درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار

*,**: Significant at 5 and 1% probability levels, ns: Non-significant

لذا کوتاه‌شدن این دوره به هر دلیل از جمله تنش تغذیه ای باعث اختلال در تقسیم و تولید سلول‌های کمتری در آندوسپرم خواهد شد (Saeidipour, 2010). با توجه به مطالب بیان‌شده طولانی‌بودن دوره پُرشدن دانه در رقم بیرجند (جدول۳) سبب شده است باوجود بالابودن تعداد دانه در غلاف در تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند، وزن۱۰۰دانه در این تیمار بالا باشد. آزمایشات زیادی همبستگی بسیار نزدیک و مثبتی بین تعداد سلول‌های آندوسپرم و عملکرد یا وزن دانه را نشان داده است (Hashemidezfooli *et al.*, 1998). کمترین وزن۱۰۰دانه نیز در تیمار عدم مصرف کود نیتروژن و رقم بیرجند به‌دست آمد (شکل ۲-c) که بیشترین تعداد دانه در غلاف را داشت (شکل ۲-b).

تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند بیشترین عملکرد دانه را با میانگین ۳۳۸/۲۳کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (شکل ۲-d). مصرف کود نیتروژن در حبوبات به‌طور معنی‌داری موجب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) شده است (Hatami *et al.*, 2009). وجود کود نیتروژن سبب استقرار سریع‌تر گیاه در مزرعه، افزایش رشد رویشی و افزایش ارتفاع گیاه خواهد شد. همچنین وجود نیتروژن در ابتدا و تا قبل از این‌که تثبیت نیتروژن توسط گرهک‌های ریشه در گیاه صورت گیرد، نیتروژن مورد نیاز آن‌را تأمین می‌نماید (Kashafi *et al.*, 2011). Mohseni Mohammadjanloo *et al*, (2012) نیز نشان دادند که مصرف ۵۰کیلوگرم نیتروژن در هکتار، عملکرد دانه را نسبت به سطح ۲۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار و شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) به‌طور معنی‌داری افزایش داد. در مطالعه Joudi *et al*, (2011) نیز بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۴۵کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. تعداد غلاف در بوته حساس‌ترین و مهم‌ترین خصوصیت در تعیین عملکرد محسوب می‌شود و بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه دارد (Tiwari & Vyas, 1994; Ghahghaei *et al.*, 2010) که با نتایج این تحقیق منطبق است (جدول ۴)، لذا علت بالابودن عملکرد در تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند را می توان به تعداد غلاف در بوته بیشتر و علاوه بر آن وزن۱۰۰دانه بالاتر این تیمار نسبت داد (شکل ۲-c). Murari *et al*, (1988) و Younis *et al*, (2008) بیان داشتند که وزن۱۰۰دانه به‌عنوان یکی از اجزای تشکیل دهنده عملکرد دانه در عدس، اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه دارد.

حداکثر عملکرد بیولوژیک با میانگین ۳۲۹۱/۶۸کیلوگرم در هکتار در تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند به‌دست آمد (شکل ۳-a). در این تیمار به دلیل وجود نیتروژن کافی در دوران رشد رویشی، گیاه فرصت داشته تا شاخص سطح برگ خود را افزایش دهد و رشد اندام هوایی به خوبی صورت گیرد. در تمام سطوح کود نیتروژن، رقم بیرجند دارای عملکرد دانه بالاتری نسبت به رقم رباط بود و با آن اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۳-a). این امر می‌تواند به دیررس‌بودن رقم بیرجند نسبت به رقم رباط و بیشتربودن طول دوره رشد رویشی این رقم مربوط باشد (جدول ۳).



شکل ۳- اثر متقابل کود نیتروژن و رقم بر: a) عملکرد بیولوژیک و b) شاخص برداشت

Fig. 3. Interaction effect between nitrogen fertilizer and cultivar on: a) biological yield and b) harvest index

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD test.

بیشترین شاخص برداشت با میانگین ۲۰/۷۱درصد در تیمار عدم مصرف کود نیتروژن و رقم رباط به‌دست آمد (شکلb-۳) که کمترین میزان عملکرد بیولوژیک را دارا بود (شکل a-۳). در سایر سطوح کود نیتروژن نیز رقم رباط بالاترین شاخص برداشت را به خود اختصاص داد (شکل ۶). شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه (r=۰/۴۵) و همبستگی منفی و معنی-داری با عملکرد بیولوژیک (r= -۰/۸۹) داشت (جدول ۴). لذا با توجه به همبستگی بیشتر شاخص برداشت با عملکرد بیولوژیک می‌توان نتیجه گرفت شاخص برداشت بالاتر رقم رباط، به عملکرد بیولوژیک پایین‌تر این رقم مربوط می‌گردد (شکل a-۳).

بهره‌وری نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس داده نشان داد که کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بردرصد و میزان نیتروژن زیست‌توده و کارآیی جذب نیتروژن در سطح احتمال پنج‌درصد (p ≤ ۰/۰۵) و بر بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده و دانه در سطح احتمال یک‌درصد (p ≤ ۰/۰۱) داشت. بین دو رقم مورد مطالعه از نظر میزان نیتروژن زیست‌توده، کارآیی جذب نیتروژن، کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه و بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده اختلاف معنی‌داری (p ≤ ۰/۰۱) مشاهده شد. اثر متقابل کود نیتروژن و رقم نیز بر کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده و دانه و بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه در سطح احتمال پنج‌درصد (p ≤ ۰/۰۵) و بر میزان نیتروژن زیست‌توده، کارآیی جذب و بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده در سطح احتمال یک‌درصد (p ≤ ۰/۰۱) معنی‌دار بود (جدول ۵).

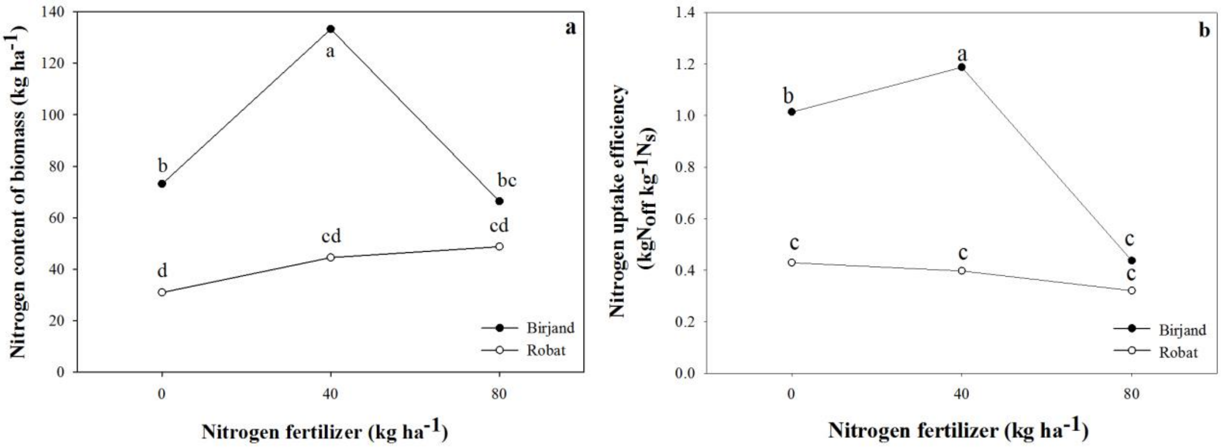
جدول ۵- تجزیه واریانس اثر کود نیتروژن و رقم بر میزان نیتروژن زیست‌توده، کارآیی جذب، مصرف و بهره وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده و دانه عدس

Table 5. Analysis of variance for effects of nitrogen fertilizer and cultivar on nitrogen content of biomass, nitrogen uptake, utilization and use efficiency based on biological and seed yields of lentil

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of Squares					
		میزان نیتروژن زیست‌توده Nitrogen content of biomass	کارآیی جذب نیتروژن Nitrogen uptake efficiency	کارآیی مصرف نیتروژن Nitrogen utilization efficiency		بهره‌وری نیتروژن Nitrogen use efficiency	
				عملکرد زیست توده Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیست توده Biological yield	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	2.958^{ns}	0.002^{ns}	1.442^{ns}	0.101^{ns}	4.612^{ns}	0.117^{ns}
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	2	2366.958*	0.294*	39.101^{ns}	0.950^{ns}	240.307**	3.550**
خطای a Error a	4	242.815	0.021	57.434	0.695	4.383	0.149
رقم Cultivar	1	11035.418**	1.113**	0.431^{ns}	27.615**	894.501**	1.017^{ns}
کود نیتروژن × رقم Nitrogen fertilizer×Cultivar	2	1954.513**	0.179**	22.700*	1.727*	112.875**	0.266*
خطای b Error b	4	119.03	0.007	8.11	0.403	7.362	0.187
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)	-	16.49	13.07	9.54	14.22	14.8	17.84

بیشترین و کمترین میزان نیتروژن زیست‌توده به‌ترتیب در تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند و تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن و رقم رباط به‌دست آمد (شکل a-۴). با توجه به این‌که همبستگی بالایی بین میزان نیتروژن زیست‌توده و عملکرد زیست‌توده وجود داشت (جدول ۶)، دلیل بالابودن میزان نیتروژن زیست‌توده این تیمار را می‌توان به عملکرد زیست‌توده بالاتر آن نسبت داد (جدول ۷). Rostami (2008) نیز در مطالعه خود بر روی ذرت، ارتباط معنی‌داری را

بین عملکرد و میزان نیتروژن جذب‌شده مشاهده کرد. در تمامی سطوح کود نیتروژن، رقم بیرجند میزان نیتروژن بیشتری نسبت به رقم رباط داشت (شکل a-۴). زیرا رقم بیرجند در تمامی سطوح کود نیتروژن عملکرد زیست‌توده بالاتری نسبت به رقم رباط داشت (شکل a-۳).



شکل ۴- اثر متقابل کود نیتروژن و رقم بر: a) میزان نیتروژن زیست‌توده و b) کارآیی جذب نیتروژن

Fig. 4. Interaction effect between nitrogen fertilizer and cultivar on: a) nitrogen content of biomass and b) nitrogen uptake efficiency

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD test.

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین مقدار کود نیتروژن مصرف‌شده، میزان نیتروژن زیست‌توده، کارآیی جذب، مصرف و بهره وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده و دانه عدس

Table 6. Correlation coefficients between nitrogen fertilizer, nitrogen content of biomass, nitrogen uptake, utilization and use efficiency based on seed and biological yields of lentil

متغیر Variable	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیست توده Biological yield	میزان نیتروژن زیست توده Nitrogen content of biomass	NupE	$NutE_b$	NUE_b	$NutE_s$	NUE_s
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	1								
عملکرد دانه Seed yield	0.14 ns	1							
عملکرد زیست‌توده Biological yield	0.01 ns	0.77**	1						
میزان نیتروژن زیست‌توده Nitrogen content of biomass	0.06 ns	0.85**	0.94**	1					
NupE	-0.40 ns	0.69**	0.87**	0.86**	1				
$NutE_b$	-0.14 ns	-0.45 ns	-0.19 ns	-0.49*	-0.29ns	1			
NUE_b	-0.51*	0.50*	0.82**	0.69**	0.93**	0.01	1		
$NutE_s$	-0.14 ns	-0.58*	-0.88**	-0.86**	-0.77**	0.37	-0.69**	1	
NUE_s	-0.80**	0.44 ns	0.43 ns	0.39 ns	0.75**	-0.06	0.78**	-0.23 ns	1

$NupE$، $NutE_b$، NUE_b، $NutE_s$ و NUE_s: به‌ترتیب کارآیی جذب نیتروژن، کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده، بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده، کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه، بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه

NupE, $NutE_b$, NUE_b, $NutE_s$ and NUE: nitrogen uptake efficiency, nitrogen utilization efficiency based on biological yield, nitrogen use efficiency based on biological yield, nitrogen utilization efficiency based on seed yield and nitrogen use efficiency based on seed yield, respectively

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری سطوح احتمال پنج و یک‌درصد؛ ns: غیرمعنی‌دار

*,**: Significant at 5 and 1% probability levels, ns: Non-significant

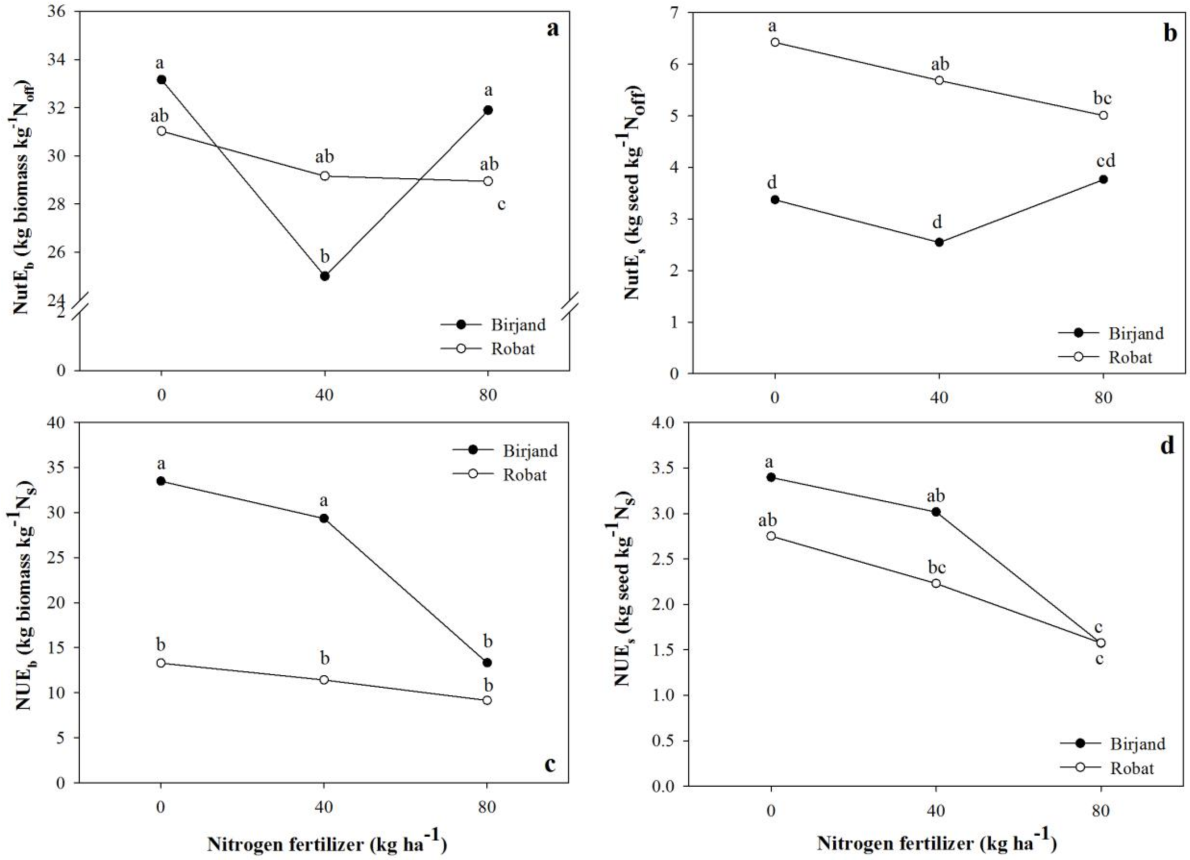
بیشترین کارآیی جذب نیتروژن با ۱/۱۹کیلوگرم نیتروژن اندام گیاهی به‌کیلوگرم نیتروژن خاک در تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند به‌دست آمد (شکل ۴-b). در هر دو رقم تیمار ۸۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار کمترین کارآیی جذب نیتروژن را به خود اختصاص داد (شکل ۴-b). توانایی گیاه برای جذب بیشتر نیتروژن در مقادیر بیشتر مصرف نیتروژن تحت فرآیندهای متابولیکی درون گیاه و شرایط محیطی می‌باشد (Jafariani *et al*., 2010). از آنجایی که طبق نظر برخی از پژوهشگران، کاهش کارآیی جذب نیتروژن در اثر افزایش مصرف نیتروژن به دلیل عدم توانایی ریشه گیاه برای جذب نیتروژن معدنی نیست (Sowers *et al*., 1994)، لذا احتمالاً مصرف زیادتر نیتروژن موجب هدررفت نیتروژن از طریق آبشویی، تصعید و یا هردو شده است و در نهایت موجب کاهش کارآیی جذب گردیده است. Rochester *et al*, (2001) در بررسی تأثیر بقولات و سطوح کود نیتروژنه بر کارآیی مصرف و جذب نیتروژن در گیاه پنبه بیان نمودند که اگر نیتروژن بالاتر از حد بهینه اقتصادی مصرف شود، کارآیی جذب آن کاهش می‌یابد. Zhang *et al*, (2012) در آزمایشی بر روی پنبه نشان دادند که افزایش کود مصرفی از صفر به ۳۰۰کیلوگرم در هکتار کارآیی جذب نیتروژن را به‌طور معنی داری کاهش داد. نتایج آزمایشی بر روی گیاه دارویی اسفرزه نیز نشان داد که کارآیی جذب نیتروژن زیست‌توده با مقدار مصرف کود نیتروژن رابطه عکس داشت (Asadi *et al*., 2013). در تمامی سطوح کود نیتروژن، رقم بیرجند دارای کارآیی جذب زیست‌توده بالاتری نسبت به رقم رباط بود، اما در تیمار ۸۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری بین دو رقم وجود نداشت (شکل ۴-b). در مطالعه Rostami (2008) نیز کارآیی جذب رقم دیررس ذرت در کلیه سطوح کود نیتروژن بیشتر از رقم زودرس بود.

بیشترین میزان کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن و رقم بیرجند و کمترین میزان آن در تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند حاصل شد (شکل ۵-a). همبستگی منفی و معنی‌داری بین کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده و میزان نیتروژن زیست‌توده (r= -۰/۴۹) وجود داشت (جدول ۶). با توجه به همبستگی مشاهده شده، دلیل بالابودن کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده در تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن و رقم بیرجند و همچنین پایین‌بودن کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده در تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند را می‌توان به‌ترتیب به اختصاص یافتن پایین‌ترین و بالاترین میزان نیتروژن زیست‌توده به این تیمارها نسبت داد (شکل ۴-a).

بیشترین کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه با میانگین ۶/۴۲کیلوگرم دانه برکیلوگرم نیتروژن اندام گیاهی در تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن و رقم رباط حاصل شد (شکل ۵-b). زیرا با مصرف زیادتر نیتروژن، رشد رویشی تحریک و میزان زیادتری از نیتروژن در بافت‌های رویشی ذخیره و مواد فتوسنتزی کمتری به دانه‌ها منتقل شده است. Asadi *et al*, (2013) نیز در مطالعه‌ای بر روی گیاه اسفرزه بیشترین میزان کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه را در تیمار عدم کاربرد نیتروژن به‌دست آوردند که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. در تمامی سطوح نیتروژن رقم رباط، کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه بالاتری را دارا بود (شکل ۵-b). با توجه به رابطه عکس بین مقدار نیتروژن جذب‌شده در زیست‌توده با کارآیی مصرف نیتروژن، چنین به‌نظر می‌رسد که دلیل افزایش کارآیی مصرف نیتروژن رقم رباط می‌تواند به دلیل زودرس‌تر بودن آن نسبت به رقم بیرجند و در نتیجه کاهش جذب نیتروژن و میزان نیتروژن زیست‌توده پایین‌تر این تیمار باشد. زیرا همبستگی منفی و معنی‌داری (r= -۰/۸۶) بین کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه و میزان نیتروژن زیست‌توده وجود داشت (جدول ۶).

تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن و رقم بیرجند بیشترین بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده را با میانگین ۳۳/۴۸کیلوگرم ماده خشک برکیلوگرم نیتروژن خاک به خود اختصاص داد که اختلاف معنی‌داری با ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند نداشت، اما با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد (شکل ۵-c). با توجه به همبستگی مثبت معنی‌دار (r= ۰/۹۳) بین بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده و کارآیی جذب نیتروژن (جدول ۶)، این امر می‌تواند به بالاتر بودن کارآیی جذب دو تیمار بیان شده مربوط باشد (شکل ۴-b). با توجه به شکل ۵-c با افزایش نیتروژن مصرفی، در هر دو رقم بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده کاهش یافت. نتایج همبستگی‌های انجام شده نیز حاکی از همبستگی منفی و معنی‌دار (r= -۰/۵۱) بین کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده و مقدار کود نیتروژن مصرف شده بود (جدول ۶). کاهش بهره‌وری نیتروژن با افزایش مقدار کود مصرفی در مطالعات بسیاری گزارش شده است (Drycoot & Christenson, 2003; Noshad *et al*., 2012). به‌طور کلی، زمانی که گیاه به عناصر غذایی نیاز دارد، در برابر افزایش آن‌ها به خاک واکنش مثبت نشان می‌دهد. با رفع تدریجی نیاز گیاه، واکنش آن به مقادیر

بیشتر کودی کمتر می‌گردد (Tousi *et al*., 2014). بنابراین بهره‌وری نیتروژن با رفع نیاز گیاه کمتر می‌شود. در تمامی سطوح کود نیتروژن رقم بیرجند از نظر بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده در سطح بالاتری نسبت به رقم رباط قرار گرفت، اما در دو سطح صفر و ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار بین دو رقم اختلاف معنی‌داری وجود داشت (شکل c-۵).



شکل ۵- اثر متقابل کود نیتروژن و رقم بر: a) کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده ($NutE_b$)، b) کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد دانه ($NutE_s$)، c) بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده (NUE_b)، d) بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه (NUE_s)

Fig. 5. Interaction effect between nitrogen fertilizer and cultivar on: a) nitrogen utilization efficiency based on biological yield ($NutE_b$), b) nitrogen utilization efficiency based on seed yield ($NutE_s$), c) nitrogen use efficiency based on biological yield (NUE_b), d) nitrogen use efficiency based on seed yield (NUE_s)

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD test.

از آنجایی‌که کارآیی مصرف نیتروژن بر اساس عملکرد زیست‌توده در تمامی سطوح کود نیتروژن مورد بررسی بین دو رقم اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل a-۵)، دلیل بالابودن بهره‌وری بالای رقم بیرجند به کارآیی جذب نیتروژن بالاتر آن مربوط می‌گردد (شکل b-۴). از طرف دیگر Sinebo *et al*, (2002) عقیده دارند که ارقامی که استقرار سریع‌تر و بهتری دارند، از نظر بهره‌وری نیتروژن در مقایسه با ارقام دیگر مزیت دارند، زیرا این ارقام می‌توانند نیتروژن معدنی‌شده خاک را قبل از این‌که در اثر شسته‌شدن از دسترس گیاه خارج شود، جذب کنند و چنانچه میزان بهره‌وری فقط برای چند هفته ابتدای فصل رشد مدنظر قرار گیرد رقم رباط (زودرس) نسبت به رقم بیرجند (دیررس) ارجحیت دارد. ولی با توجه به این‌که طول دوره رشد دو رقم متفاوت است، نهایتاً طولانی‌تربودن دوره رشد رقم بیرجند باعث گردید که بهره‌وری نیتروژن این رقم بیشتر از رقم رباط باشد. اکثر شیوه‌های مناسب برای برآورد بهره‌وری نیتروژن وابسته به گیاه، تولید محصول و فرآیندهای مرتبط با آن است (Pathak *et al*., 2008). Noulas *et al*, (2004) نیز عقیده دارند که ارقام مختلف گیاهان زراعی، می‌توانند به دلیل تفاوت در میزان جذب، انتقال مجدد و مصرف نیتروژن، بهره‌وری نیتروژن متفاوتی داشته باشند.

بیشترین و کمترین میزان بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه به‌ترتیب با میانگین ۳/۳۹ و ۱/۵۷کیلوگرم دانه برکیلوگرم نیتروژن خاک در تیمارهای عدم کاربرد کود نیتروژن و مصرف ۸۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار هر دو برای رقم بیرجند به‌دست آمد، به‌طوری که در هر دو رقم افزایش مصرف کود نیتروژن سبب کاهش بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه گردید (شکل d-۵). همبستگی منفی و معنی‌دار (r= -۰/۸۰) بین بهره‌وری نیتروژن بر اساس عملکرد دانه و مقدار کود نیتروژن مصرف‌شده نیز مؤید این امر می‌باشد (جدول ۶). با توجه به قانون بازده نزولی در مورد مصرف عناصر غذایی مبنی بر این‌که واحدهای اولیه کود مصرفی تأثیر بیشتری روی عملکرد دارند، هر چه مصرف نیتروژن افزایش یابد، بهره‌وری آن کاهش می‌یابد (Ameri *et al*, 2008). در بسیاری از مطالعات نیز کاهش کارآیی مصرف نیتروژن با افزایش کود نیتروژن مصرفی گزارش شده است (Koocheki *et al*., 2015; Uribelarrea *et al*., 2007). در مطالعه‌ای بر روی گیاه برنج افزایش مصرف نیتروژن از ۹۰ به ۱۳۵کیلوگرم در هکتار باعث کاهش بهره‌وری نیتروژن از ۸/۹ به ۵/۶کیلوگرم دانه برکیلوگرم نیتروژن گردید (Timsina *et al*., 2001). Jafariani *et al*, (2010) نیز در مطالعه‌ای بر روی سورگوم کاهش بهره‌وری نیتروژن را با افزایش کود نیتروژن مصرفی گزارش نمودند.

نتیجه‌گیری

با توجه به این‌که تیمار ۴۰کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و رقم بیرجند عملکرد دانه، کارآیی جذب و بهره‌وری نیتروژن بالاتری نسبت به سایر تیمارها داشت، به‌منظور صرفه‌جویی در میزان مصرف کود و جلوگیری از تبعات منفی ناشی از زیادی مصرف آن، مصرف ۴۰کیلوگرم کود اوره در هکتار و استفاده از رقم بیرجند برای کشت عدس به‌صورت دیم در منطقه مورد مطالعه، مطلوب به‌نظر می‌رسد. اما با توجه به دیررس‌بودن رقم بیرجند، احتمال برخورد مرحله پرشدن دانه با خشکی وجود دارد. لذا برای کاربرد در منطقه مورد مطالعه رعایت تاریخ کاشت بهینه الزامی است.

با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین بهره‌وری و کارآیی جذب نیتروژن و عدم ارتباط معنی‌دار بهره‌وری و کارآیی مصرف نیتروژن و همچنین با درنظرگرفتن این‌که کارآیی جذب در مقایسه با کارآیی مصرف نیتروژن همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشت، می‌توان بیان داشت که کارآیی جذب از اهمیت بیشتری برخوردار بوده و به نحو بهتری توان بیولوژیک گیاه برای استفاده از نیتروژن را نشان می‌دهد. لذا در جریان اصلاح این گیاه بهتر است به دنبال ارقامی باشیم که نیتروژن را با کارآیی بیشتری جذب می‌کنند تا علاوه بر بهبود بهره‌وری نیتروژن و کاهش آلودگی‌های محیطی در جهت افزایش عملکرد آن نیز عمل نماییم.

در نهایت کمتربودن عملکرد عدس در این پژوهش را می توان به کم‌بودن میزان بارندگی در طی فصل رشد و به‌ویژه در مرحله زایشی این گیاه نسبت داد. در کشور ما به دلیل توزیع نامناسب مکانی و زمانی بارندگی، محصولات دیم در طول مراحل مختلف رشد با تنش خشکی مواجه می‌شوند که موجب کاهش عملکرد محصول می‌گردد. لذا، افزایش بهره‌وری آب باران از راهکارهای مؤثر در کاهش تنش‌های وارده بر گیاه خواهد بود. انجام آبیاری تکمیلی و کاشت محصول در زمان مناسب از روش‌های مدیریتی پیشنهاد شده در این زمینه است که می‌تواند به بهبود عملکرد این گیاه در شرایط دیم کمک نماید.

سپاسگزاری

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طرح پژوهه مصوب با کد۳۹۰۵۰ مورخ ۱۳۹۴/۱۲/۱ توسط معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Ameri, A., Nassiri, M., and Rezvani, P. 2008. Effects of different nitrogen levels and plant density on flower, essential oils and extract production and nitrogen use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research 5: 315-325. (In Persian with English Summary).
2. Asadi, G.A., Moemen, A., Nurzadeh Namaghi, M., Khorramdel, S. 2013. Effects of organic and chemical fertilizer rates on nitrogen efficiency indices of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Journal of Agroecology 5(4): 373-382. (In Persian with English Summary).
3. Azad, A.S., and Gill, A.A. 1989. Effect of the application of phosphorus fertilizer on grain yield of lentil. Lens Newsletter 16(1): 28-30.
4. Bagheri, A., Goldani, M., and Hasanzadeh, M. 1997. Agronomy and Breeding of Lentil. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).
5. Bagheri, A.R., and Parsa, M. 2009. Pulses. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).

6. Bingham, I.J., Karley, A.J., White, P.J., Thomas, W.T.B., and Russell, J.R. 2012. Analysis of improvements in nitrogen use efficiency associated with 75 years of spring barley breeding. European Journal of Agronomy 42: 49-58.
7. Coque, M., and Gallais, A. 2007. Genetic variation among European maize varieties for nitrogen use efficiency under low and high nitrogen fertilization. Maydica 52: 383-397.
8. Draycoot, A.P., and Christenson, D.R. 2003. Nutrients for Sugar Beet Production: Soil-Plant Relationships. CABI Publishing, Wallingford.
9. Feiziasl, V., Fotovat, A., Astraei, A.R., Lakziyan, A., amd Mosavi, S.B. 2014. Effect of optimized nitrogen application in reducing drought stress effect on grain yield of some rainfall bread wheat genotypes. Seed and Plant Production Journal 30 (2): 169-198. (In Persian with English Summary).
10. Ghahghaei, F., Galavi, M., Ramroodi, M., and Bagheri, A. 2010. The comparison of yield and yield components of lentl genotypes at low irrigation in Sistan region. Iranian Journal of Field Crops Research 8(3): 431-437. (In Persian with English Summary).
11. Hashemidezfooli, A., Koochaki, A., and Banayanavval, M. 1998. Crop Plant Improvement. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).
12. Hatami, H., Inehband, A., Azizi, M., and Dadkhah, A. 2009. Effect of N fertilizer on growth and yield of soybean at North Khorasan. Electronic Journal of Crop Productivity (EJCP) 2(2): 25-42. (In Persian with English Summary).
13. Hosseini, F.S., Nezami, A., Parsa, M., and Hajmohammadnia Ghalibaf, K. 2011. Effect of supplementary irrigation on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars in Mashhad climate. Journal of Water and Soil 25(3): 625-633. (In Persian with English Summary).
14. Jafariani, M., Beheshti, A.R., and Taheri, G. 2010. Evaluation of nitrogen efficiency on grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) genotypes. Journal of Agroecology 2(3): 502-511. (In Persian with English Summary).
15. Joudi, F., Tobeh, A., Ebadi, A., Mostafaee, H., and Jamaati-e-Somarin, Sh. 2011. Nitrogen effects on yield, yield components, agronomical and recovery nitrogen use efficiency in lentil genotypes. Electronic Journal of Crop Productivity (EJCP) 4(4): 39-50. (In Persian with English Summary).
16. Kashafi, S.M.H., Majnoun Hosseini, N., and Zeinali Khaneghah, H. 2011. Effect of plant density and starter nitrogen fertilizer on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Kourosh) at Karaj conditions. Pulses Research 1(2): 11-20. (In Persian with English Summary).
17. Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Moradi, R., and Alizade, Y. 2015. Evaluation of yield and nitrogen use efficiency of maize and cotton intercropping under different nitrogen levels. Iranian Journal of Field Crops Research 13(1): 1-13. (In Persian with English Summary).
18. Kumar, P., Agrawal, J.P., and Chandra, S. 1993. Effect of inoculation, nitrogen and phosphorus on growth and yield of lentil. Lens-Newsletter (ICARDA). Lentil Experimental News Service 20: 57-59.
19. Manova, N.T.F., and Manara, W. 1988. Simple correlation and multiple regression studies in lentil. Legume Research 11(2): 34-36.
20. Miguele, Z., Frade, M.M., and Valenciano, J.B. 2005. Effect of sowing density on the yield and yield components of spring-sowing irrigated chickpea (*Cicer arietinum* L.) growing in Spain. New Zeeland Journal of Crop and Horticulture Science 33: 367-371.
21. Ministry of Agriculture Jihad (MAJ). 2015. Statistical Yearbook of Agriculture, Volume I: Field Crops 2012-13. Available at Web site http://www.maj.ir/Portal/Home/Default.aspx?. (verified 4 January 2015).
22. Mohammadzadeh, A., Majnun Hoseini, N., Moghaddam, H., and Akbari, M. 2012. Effect of different drought stress and yield components of two genotype of common bean. Iranian Journal of Crop Science 43(1): 29-38. (In Persian with English Summary).
23. Mohseni Mohammadjanloo, A., Tobeh, A., Gholipouri, A., and Mostafai, H. 2012. The effects of potassium application on uptake and allocation of nitrogen and seed protein on two lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars in rain-fed condition. Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 31-40. (In Persian with English Summary).
24. Monteith, J.L. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 281: 277- 294.
25. Moll, R.H., Kamprath, E.J., and Jackson, W.A. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal 74: 562-564.
26. Murari, K., Pandey, S.L., and Kumar, V. 1988. Simple correlation and multiple regression studies in lentil. Legume Research 11: 101-102.

27. Nakhzari Moghadam, A., and Ramroudi, M. 2003. Effects of planting date and nitrogen rate on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris*). Journal of Agriculture Science and Natural Resources 9(4): 33-42. (In Persian with English Summary).
28. Noshad, H., Abdollahian Noghabi, M., and Babaee, B. 2012. Effect of nitrigen and phosphorous application on the efficiency of nitrogen uptake and consumption in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crop Science 43(3): 529-539. (In Persian with English Summary).
29. Noulas, C.T., Stamp, P.T., Soldati, A., and Liedgens, M. 2004. Nitrogen use efficiency of spring wheat genotypes under field and lysimeter conditions. Agronomy and Crop Science 190: 111-198.
30. Pathak, R.R., Ahmad, A., Lochab, S., and Raghuram, N. 2008. Molecular physiology of plant nitrogen use efficiency and biotechnological options for its enhancement. Current Science 94: 1394-1403.
31. Rochester, I.J., Peoples, M.B., and Constable, G.A. 2001. Estimation of the N fertilizer requirement of cotton grown after legume crops. Field Crops Research 70: 43-53.
32. Rostami, M. Evaluation of Use Efficiency and Nitrogen Dynamics in Corn Cultivars. PhD Dissertation, Faculty of Agricultural, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
33. Sabaghpour, S.H., Seyyedi, F., Mahmoudi, A.A., Safi Khani, M., Pezeshkpour, P., Rostami, B., Kamel, M., Farayadi, Y., Alahyari, N., Mehdipour Siabidi, M., Kanouni, H., Mahmoudi, F., Pouralibaba, H., Karami, I., and Jahangiri, A. 2013. Kimiya, a new high yielding lentil cultivar for moderate cold and semi warm climate of Iran. Seed and Plant Improvment Journal 29-1(2): 397-399. (In Persian with English Summary).
34. Saeidipour, S. 2010. The effect of nitrogen split on assimilation and partitioning dry matter and nitrogen in chickpea under Ahvaz conditions. Plant Production Science (Journal of Agricultural Research) 2(3): 13-23. (in Persian with English abstract)
35. Sinebo, W., Gretzmacher, R., and Edelbauer, A. 2002. Environment of selection for grain yield in low fertilizer input barley. Field Crops Research 74: 151-162.
36. Sowers, K.E., Pan, W.L., Miller, B.C., and Smith, J.L. 1994. Nitrogen use efficiency of split nitrogen applications in soft white winter wheat. Agronomy Jouarnal 86: 942-948.
37. Timsina, J., Singh, U., Badaruddin, M., Meisner C., and Amin, M.R. 2001. Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity, and nitrogen-use efficiency and balance for rice-wheat sequences of Bangladesh. Field Crops Research 72: 43-161.
38. Tiwari, R.J., and Vyas, M.D. 1994. Effect of soil moisture content on the field emergence and yield of lentil. Lens Newsletter 21(1): 20-21.
39. Togay, Y., Togay, N., Dogan, Y., and Ciftici, V. 2005. Effects of nitrogen levels and forms on the yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medic.). Asian Journal of Plant Science 4: 64-66.
40. Tousi, P., Pirzad, A., Atabaki, A. 2014. Effect of nitrogen levels on NUE and oil content in two cultivars of rapeseed. Research in Crop Ecosystems 1(2): 63-72. (In Persian with English Summary).
41. Uribelarrea, M., Moose, S.P., and Below, F.E. 2007. Divergent selection for grain protein affects nitrogen use in maize hybrids. Field Crops Research 100: 82-90.
42. Younis, N., Hanif, M., Sadiq, S., Abbas, G., Javad, A.M., and Ahsanul, H.M. 2008. Estimates of genetic parameters and path analysis in lentil (*Lense culinaris* Medik). Pakistan Journal of Agricultural Science 45: 44-48.
43. Zhang, D., Li, W., Xin, C., Tang, W., Eneji, A.E., and Dong, H. 2012. Lint yield and nitrogen use efficiency of field-grown cotton vary with soil salinity and nitrogen application rate. Field Crops Research 138: 63-70.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 10, No. 1, 2019, p. 155-170 (Research Article)

Effect of different nitrogen levels on yield components, yield and nitrogen use efficiency of two lentil cultivars in rainfed conditions

Bannayan[1*], M., Yaghoubi[2], F., Rashidi[3], Z. & Bardehji[4], S.

1. Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2. PhD. Student of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, fa.yaghoubi@stu.um.ac.ir
3. PhD. Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
rashidi_z@ymail.com
4. Former MSc. Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and PhD. Student of Agronomy, Faculty of Agricultural Engineering, Isfahan University of Technology, siavash.bardehji@stu.um.ac.ir

Received: 22 October 2016
Accepted: 10 September2017

DOI: 10.22067/ijpr.v10i1.59699

Introduction

Lentil (*Lens culinaris* Medic.) is an important grain legume adapted to cool climates. It is cultivated on 155700 hectares in Iran with 94.7 % of this area under rainfed conditions. The average lentil yield in Iran is 1195 and 476 kg per hectare in irrigated and rainfed farms, respectively. Low productivity is due to use of local varieties, which have low yield potential, and poor agronomic management practices applied by the farmers such as limitation or inappropriate distribution of fertilizer. Nitrogen is an essential element for the growth of crops and its deficiency exists almost everywhere. It is the limiting factor in the crop growth more than any other element, unless use the nitrogen as a fertilizer. Despite the numerous advantages of nitrogen fertilizers, excessive consumption of nitrogen can cause pollution of surface and ground water through leaching and erosion and also increases costs. According to an adequate supply of nutrient elements by careful use of fertilizers, especially in poor soils, yield increases and nitrogen use efficiency improves. The objective of this study was evaluation of yield of two lentil cultivars under the influence of nitrogen fertilizer and also, investigation the nitrogen uptake, utilization and use efficiency to determine the best level of nitrogen fertilizer and cultivar for the study area.

Materials & Methods

The experiment was conducted as split plot based on randomized complete blocks design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, during growth season 2015-16. Nitrogen fertilizer (in three levels i.e. 0, 40 and 80 kg per hectare) and cultivar (Birjand and Robat) were in main plots and sub plots, respectively. Nitrogen fertilizer was applied as urea to the plots before sowing. The sowing date was 9th March in 2016. Sampling was done at harvest time and included pod number per plant, seed number per pod, 100 seed weight, seed yield, biological yield and harvest index. Percentage of biomass nitrogen were measured with the Kjeldahl method and the efficiency index calculated by using the following equation:

$NupE= N_{off}/ N_s$

$NutE_b= B/ N_{off}$

$NutE_s= S_w/ N_{off}$

$NUE_b= B/ N_s$

$NUEs= S_w/ N_s$

Where NupE is the nitrogen (N) uptake efficiency, N_{off} is the N in above ground dry matter, N_s is the soil N supply, $NutE_b$ is the N utilization efficiency based on biomass basis, B is the total above ground biomass at harvest, $NutE_s$ is the N utilization efficiency based on seed yield, S_w is the seed weight, NUE_b is the N use efficiency based on biological yield, NUE_s is the N use efficiency based on seed yield. Data were analyzed with the SAS software; obtained averages compared with LSD test at the 5% level.

[*]**Corresponding Author:** banayan@um.ac.ir

Results & Discussion

The results showed that the interaction effect between nitrogen fertilizer and cultivar was significant on yield components, seed and biological yield. 40 kg nitrogen fertilizer per hectare and Birjand cultivar showed that maximum of pod number per plant (33.47), seed (338. 23 kg per hectare) and biological yield (3291.68 kg per hectare). Maximum of seed number per pod and 100 seed weight were obtained in treatment of non-use of nitrogen fertilizer and Birjand cultivar and treatment of 40 kg nitrogen fertilizer per hectare and Robat cultivar, respectively. Interaction effect between nitrogen fertilizer and cultivar was significant on nitrogen content of biomass, nitrogen uptake, utilization and use efficiency based on seed and biological yields. 40 kg nitrogen fertilizer per hectare and Birjand cultivar showed that maximum of nitrogen content of biomass and nitrogen uptake efficiency. The highest nitrogen use efficiency based on seed yield (3.39 kg seed per kg Ns) and biological yield (33.48 kg biomass per kg Ns) were obtained in treatment of non-use of nitrogen fertilizer and Birjand cultivar that the difference was no significant with the treatment of 40 kg nitrogen fertilizer per hectare and Birjand cultivar. Analysis of correlation showed that, yield and nitrogen use efficiency had positive and significant correlations with the pod number per plant and nitrogen uptake efficiency, respectively. Also, there was positive and significant correlation between nitrogen uptake efficiency and yield.

Conclusion

The results of this study indicated that treatment of 40 kg nitrogen fertilizer per hectare and Birjand cultivar are able to achieve maximum yield and nitrogen use efficiency. However, Birjand cultivar is a late cultivar and requires the optimum planting date for cultivation in this region. According to the observed correlations, breeding of this plant should be cultivars that they absorb nitrogen with more efficiently, so that in addition to improving nitrogen use efficiency and reducing environmental pollution also yield increase.

Keywords: Birjand cultivar, Nitrogen uptake efficiency, Nitrogen utilization efficiency, Robat cultivar